# GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA

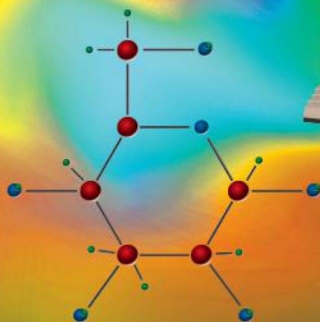

MA. TERESA PRIETO QUEZADA
JOSÉ ALBERTO BECERRA SANTIAGO
JOSÉ ALBERTO CASTELLANOS GUTIÉRREZ
LUCILA PATRICIA CRUZ COVARRUBIAS
COORDINADORES





$$\frac{d}{dx}(\cos u) = -\sin u \frac{du}{dx}$$







Centro Universitario
de Ciencias Económico
Administrativas

Universidad
de Guadalajara






Primera edición, 2017

**Coordinador**
Ma. Teresa Prieto
José Alberto Castellanos
Lucila Patricia Cruz Covarrubias
José Alberto Becerra

**Textos**
Castellanos Gutiérrez José Alberto,
Cruz Covarrubias Lucila Patricia,
Prieto Quezada Ma Teresa,
Becerra Santiago José Alberto,
Arechavala Vargas Ricardo,
Pérez Mora Ricardo,
Carrillo Navarro José Claudio,
Rojas Paredes Rosa Alicia,
Villaseñor Gudiño María Guadalupe,
González González Fabián,
Peniche Camps Salvador,
Valdez Zepeda Andrés,
Borrayo Rodríguez Carmen Leticia,
Huerta Franco Delia Amparo,
Medina Celis Laura Margarita,
Reyes Altamirano Rigoberto,
Torres Torres Ramiro,
Sánchez Gutiérrez José,
González Alvarado Tania Elena,
Mejía Trejo Juan,
González Uribe Elsa Georgina,
Vázquez Ávila Guillermo,
Gaytán Cortés Juan,
Vizcaíno Antonio de Jesús,
Vargas Barraza Juan Antonio,
Mercado Méndez María del Rocio,
Casas Flores Adauto Alejandro,
Jiménez Arévalo José de Jesús,
Jiménez Vargas Roberto.
et al.

**Grupos de investigación y producción científica** /Ma Teresa Prieto Quezada, José Alberto Becerra Santiago, José Alberto Castellanos Gutiérrez, Cruz Covarrubias Lucila Patricia, coords. José Claudio Carrillo Navarro... (et al.) Guadalajara Jalisco. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, 2017.

375p.:il;23cm.–(colección Monografía de la academia)
Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978 607 742-990-6

1. Académicos- Jalisco México- Investigación.

2. Cuerpos Académicos. México. Investigación

3. Académicos Perfil PRODEP – Investigación

378.209 72 CDD
LB 2331.65 .M69 LC

Este libro paso por la dictaminación y aprobación de el comité editorial del CUCEA

**Coordinación editorial**
Miguel Ángel Serrano

**Diseño de portada**
Joaquían Arechavala Chong

**Corrección**
Miguel Ángel Serrano



ISBN: 976-607-742-990-6

Diciembre de 2017

Impreso y hecho en México
*Printed and made in Mexico*

# *Correlación entre la distribución geográfica de leucemia infantil y la distribución geográfica de la red de alto voltaje del Área Metropolitana de Guadalajara con niveles de radiación mayor a 0.4 µT*

*Leonardo Soto Sumuano, Héctor Durán Limón,[1] José Alberto Tlacuilo Parra, Mijail Suárez Arredondo, Roberto Garibaldi Covarrubias,[2] Hugo Romo Rubio, [3] Carlos Ruíz Chávez[4]*

## *Resumen*

El presente trabajo describe un estudio real y práctico de la distribución geográfica de leucemia aguda (LA) en pacientes menores de 16 años y la correlación existente con la distribución geográfica de la red de alto voltaje del área metropolitana de Guadalajara con niveles de radiación mayor de 0.4 µT. En la metodología se incluyeron pacientes menores de 16 años de edad que fueron diagnosticados con leucemia aguda durante el periodo 2010-2014, cada caso fue geo-referenciado a nivel de su domicilio por calle y número de casa con coordenadas geográficas utilizando el programa Quantum Geographical Information System (QGIS), la detección de agrupación (*clusters*) se realizó con el algoritmo Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) y el software estadístico R.

Como resultados se registraron un total de 269 casos de LA, la leucemia linfoblástica aguda (LLA) fue el tipo más frecuente con 227 casos (84%), seguida de la leucemia mieloblástica aguda (LMA) con 42 casos (16%). La tasa de incidencia de

1 Integrantes del cuerpo académico UDG-CA-125 de la Universidad de Guadalajara "Sistemas de Información".

2 Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional de Occidente IMSS, Guadalajara, Jalisco.

3 Hospital Civil de Guadalajara.

4 Consultor independiente

LA registrada fue: El salto 10.12/100 mil; Guadalajara 7.55 /100,000; y Tlaquepaque 6.74/100,000. Se demostró mediante Density-Based Spatial Clustering System (DBSCAN) la presencia de tres agrupaciones (*clusters*), todas localizadas en el municipio de Guadalajara. Los resultados muestran un patrón entre la trayectoria de la distribución geográfica de la red eléctrica de alto voltaje y la distribución geográfica de casos de LA del área metropolitana. De un total de 269 casos de LA, 94 siguen la trayectoria de distribución de la red, representando el 36 % de casos reportados habiendo una correlación geográfica entre las dos distribuciones. Aunque los resultados muestran un porcentaje importante de casos donde la radiación es mayor a 0.4 μT (4 mG o 320 mA/m), se requieren estudios posteriores a nivel de clusters y estudios sobre los hábitos y costumbres de las familias respecto al uso de los equipos inalámbricos en alta y baja frecuencia en su entorno diario.

*Palabras clave:* Epidemiología espacial, leucemia, radiación, no ionizante, campos electromagnéticos, *cluster*,DBSCAN, GIS.

## *Abstract*

This first study conducted by the University of Guadalajara, the Pediatric National Social Security Medical Center, the Hospital Civil de Guadalajara, shows the geographical and temporal distribution of 269 cases of children suffering from Leukemia in 6 municipalities in the metropolitan area of Guadalajara (2014). In Mexico, geographical information systems (GIS) have been rarely implemented to monitor spatial assessments of leukemia. We present an analysis of the spatial distribution of acute leukemia among children from 0 to 16 years of age in the metropolitan zone of Guadalajara, Mexico using individual case Hospital data from the two main hospital facilities attending this population.

Methods. Using the approach of spatial epidemiology DBSCAN, cases of leukemia obtained from the databases of hospitals resulted in “clusters” or groups of cases/100,000 inhabitants. Cancer cases were grouped according to an internationally recognized morphology-based.

Results. The results shows 10.12 cases/100,000 inhabitants for leukemia (acute lymphoblastic leukemia) worst case outside of international references. The values are usually 3-5 cases/100,000 for LLA.

Conclusions. Although the etiology of most childhood leukaemias is unknown, there is a significant correlation between spatial disease cluster with an unusual elevated disease incidence rate and the high voltage distribution network and the wireless communication network. Studies in the literature have focused on child-

hood leukaemia because of its relative large incidence among children compared with other malignant disease, its apparent tendency to cluster, and the public concern over locally elevated leukemia incidence.

## *Introducción*

La leucemia es una enfermedad caracterizada por detención en la maduración de las células encargadas de la formación de los constituyentes de la sangre, con una proliferación y crecimiento descontrolado de células sanguíneas inmaduras.

Esta proliferación se origina a nivel de la médula ósea, a partir de la cual se disemina a la sangre y los distintos tejidos (Cole, 2015). La leucemia es el tipo más común de cáncer infantil. Representa el 30% de todos los cánceres diagnosticados en niños menores de 15 años. Dentro de esta población, la leucemia linfoblástica aguda (LLA) es aproximadamente cinco veces más frecuente que la leucemia mieloide aguda (LMA) y representa aproximadamente el 78% de todos los diagnósticos de leucemia infantil (Fajardo-Gutiérrez, 2011).

En Estados Unidos, cada año se diagnostican aproximadamente entre 2 mil 500 y 3 mil 500 casos nuevos de LLA con una incidencia aproximada de 3.4 casos por 100 mil niños (Ward, 2014). En Gran Bretaña la incidencia de leucemia por sexo y edad, principalmente atribuible a LLA, ha aumentado constantemente de 3.83 por cada 100 mil personas en el periodo de 1971-1975 a 4.61 por cada 100 mil personas en el periodo 1996-2000 (Shah, 2007). En un estudio realizado en la Ciudad de México, de una muestra de 228 casos nuevos de leucemia durante el período 2006-2007, la tasa de incidencia anual (TIA) global fue de 5.7 casos por cada 100 mil habitantes (IC 95%, 4.6-6.8); siendo la LLA el tipo más frecuente con el 85.1% de los casos (TIA: 4.95/100 mil), seguido de la LMA con el 12.3% (TIA: 0.7/100 mil) y la leucemia mieloide crónica con el 1.7% (TIA: 0.9 por millón) (Fajardo-Gutiérrez, 2011).

Respecto a la relación entre la LLA infantil con la situación urbana/rural, la densidad de población y otros factores como la exposición ambiental, los estudios han arrojado resultados inconsistentes (Adelman, 2005). Sólo un factor de riesgo ambiental, “la radiación ionizante”, se ha relacionado de manera significativa a la LLA o la LMA.

Los sistemas de información geográfica (SIG) y la detección de agrupamientos o *cluster* espaciales son herramientas informáticas útiles en los casos de cáncer que permiten identificar áreas donde se concentra de manera no aleatoria un número

elevado de casos, generando de esta manera hipótesis sobre la etiología del cáncer. Un agrupamiento espacial anormal de la enfermedad se define como un área con una tasa elevada de prevalencia de la enfermedad (Dockerty, 1999).

Múltiples estudios se han enfocado en la leucemia de la infancia por su alta incidencia en este grupo etario comparado con otras patologías neoplásicas. En México los SIG prácticamente no se han utilizado para monitorizar la distribución de los casos de leucemia, de ahí nuestro interés por investigar la distribución geográfica y la detección de agrupaciones de los casos de LA infantil en el área metropolitana de Guadalajara. Este estudio, propuesto por el cuerpo académico 125, fue realizado por primera vez con apoyo y participación del Hospital de Pediatría del IMSS y del Nuevo Hospital Civil de Guadalajara.

### *Objetivos*

Los objetivos fueron los siguientes:

- Determinar la incidencia (TIA) de leucemia aguda (LA) en la población infantil en los municipios del área metropolitana de Guadalajara.
- Obtener mediante la distribución espacial de casos, la presencia de aglomeraciones en el área metropolitana de Guadalajara.
- Identificar mediante el reconocimiento de patrones la correlación existente entre la distribución geográfica de la red de alto voltaje y la distribución de casos de leucemia aguda infantil en el área metropolitana de Guadalajara.

## *Metodología*

Mediante un estudio transversal se incluyeron a los pacientes con diagnóstico de leucemia aguda infantil (LA) atendidos por los dos hospitales públicos que representan el 95% de los casos totales de leucemia del área metropolitana de Guadalajara durante el periodo 2010-2014. Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

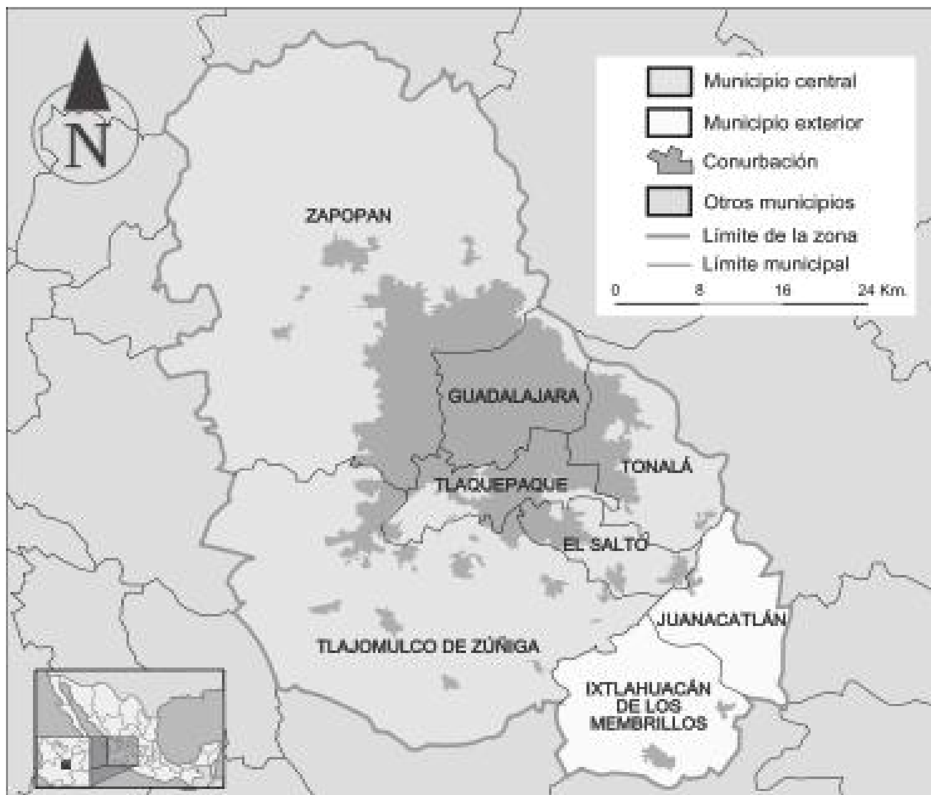
- Que los pacientes fueran menores de 16 años de edad, que habiten en la zona metropolitana de Guadalajara.
- Que el diagnóstico de LA fuera confirmado por aspirado de médula ósea, diagnosticados durante el periodo 2010- 2014 y tratados en las unidades participantes.
- Que los hematólogos u oncohematólogos de los hospitales participantes iden-

tificaran los casos de LA infantil construyendo una base de datos que incluyó nombre, edad, domicilio y tipo de leucemia.

- Que fuera posible geo-referenciar cada caso través del domicilio, obteniéndose coordenadas de latitud y longitud y debiendo residir en alguno de los municipios elegidos (Guadalajara, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan) del área metropolitana de Guadalajara, localizada a 20º 41`N y 103º 21´W.

Mediante la aplicación del GIS denominado Quantum Geographical Information System (QGIS) se obtuvieron los mapas que mostraron la distribución de los casos y se determinó la existencia de un agrupamiento espacial a través del algoritmo Density-Based Spatial Clustering System (DBSCAN) y el software lenguaje R (Martin, 1996).

**Mapa 1. Localización del área metropolitana de Guadalajara y municipios colindantes**



La zona metropolitana de Guadalajara está compuesta por ocho municipios: Guadalajara, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos, todos ellos localizados en el occidente de México, en el estado de Jalisco.

La población estimada del estado es de 7.3 millones de habitantes, de acuerdo con el último censo de 2010 (INEGI, 2010). Para fines de este estudio, los municipios de Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos fueron excluidos por la amplia dispersión territorial de la población.

Para identificar zonas lo más homogéneas posible en cuanto a distribución, concentración y densidad de población en el área metropolitana se utilizó el concepto de área de geoestadística básica determinadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010).

De acuerdo al reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, sobre los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos, en el título segundo, capítulo I, artículo 17, ésta es considerada una investigación sin riesgo, por entrar en la categoría de estudios en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros (Salud, 2014).

El presente estudio contó con autorización de parte del comité de investigación y ética en investigación correspondiente.

## *Resultados*

Durante el periodo de 2010-2014 el número de pacientes pediátricos con LA atendidos en los dos hospitales del área metropolitana de Guadalajara fue de 269, distribuidos de la siguiente manera: Hospital Civil de Guadalajara, 135 casos (50.18 %); UMAE Hospital de Pediatría, 134 casos (49.82%).

De los 269 pacientes, el 51% eran del género masculino y el 49% del femenino. Las características demográficas de la población y la incidencia de LA se presenta en la tabla 1. La incidencia global de LA para el total del área metropolitana de Guadalajara fue de 6.44 casos por 100 mil habitantes por año, distribuyéndose de la siguiente manera, la incidencia más alta fue de 10.12 por 100 mil habitantes por año registrada en el municipio de El Salto, seguida de Guadalajara con 7.55 casos por 100 mil habitantes por año.

**Mapa 2. Distribución espacial de los casos de LA en el área metropolitana de Guadalajara**

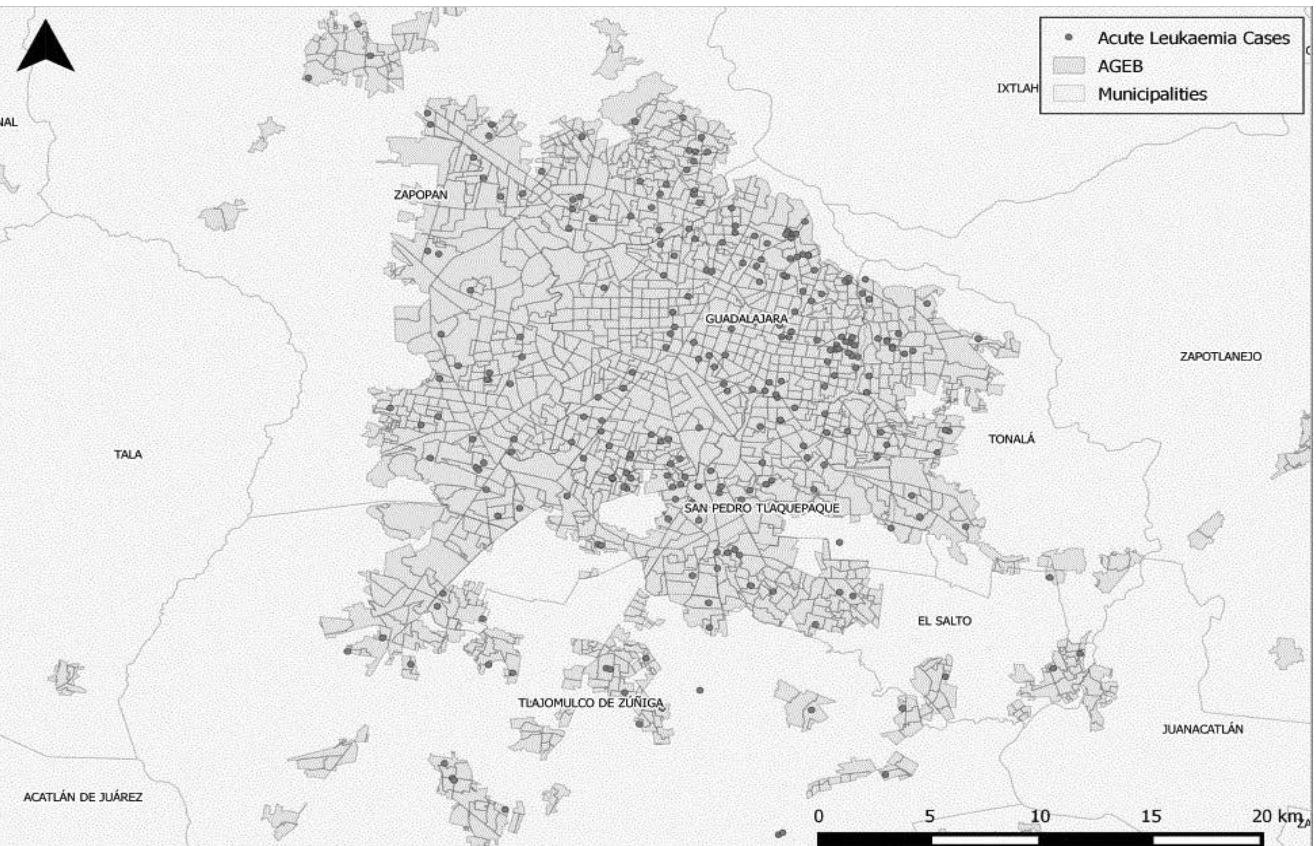


**Tabla 1. Características demográficas de la población**

| *Municipio* | *Casos* | *Población por municipio* | *Casos/100 000 habitantes* | *Densidad de población (Hab/Km²)* |
|---|---|---|---|---|
| El Salto | 14 | 138,226 | 10.12 | 1,573.3 |
| Guadalajara | 133 | 1,495,189 | 7.55 | 9,874.4 |
| Tlajomulco | 24 | 416,626 | 5.76 | 583.5 |
| Tlaquepaque | 41 | 608,114 | 6.74 | 5,506.2 |
| Tonalá | 18 | 478,689 | 3.76 | 2,881.9 |
| Zapopan | 59 | 1,243,756 | 4.76 | 1,068.9 |

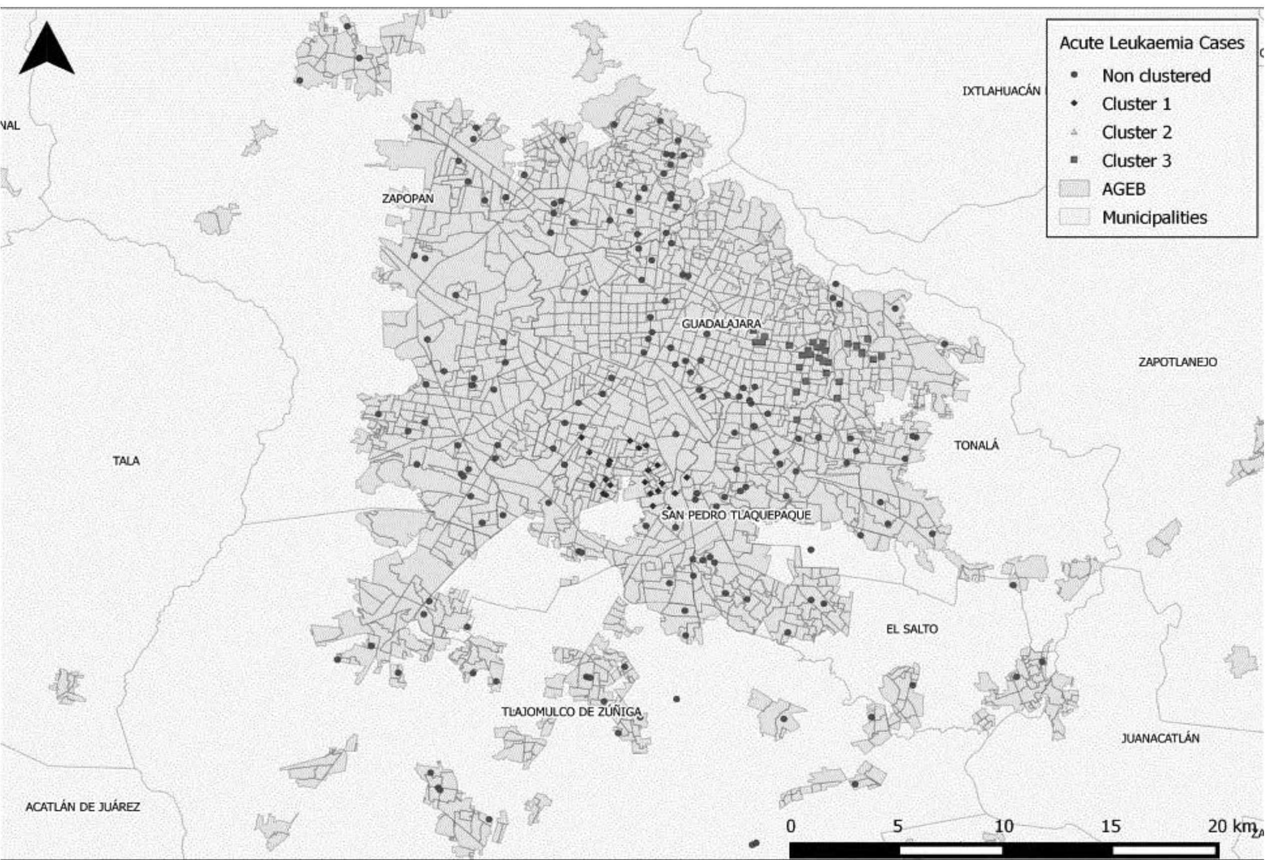
El mapa 2 muestra la distribución espacial de los 269 pacientes con diagnóstico de LA pediátrica, distribuidos en los seis municipios del área metropolitana de Guadalajara, con base en las áreas de geoestadística básicas determinadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010). Muestra, además, la presencia de las tres agrupaciones de casos detectados mediante el empleo del programa Density-Based Spatial Clustering System y el software estadístico R (Soto-Sumuano, 2015). Cada una de las agrupaciones tiene un color distinto (verde, azul, rojo) para separarlas entre sí y de las demás.

## *Análisis de las agrupaciones*

### *Agrupación 1 (azul)*

Se identificaron un total de tres agrupaciones con relevancia epidemiológica, la primera agrupación estuvo compuesta por 23 pacientes y se encuentra ubicada entre los municipios de Guadalajara y Tlaquepaque. La distribución geográfica fue la siguiente: municipio de Guadalajara 14 pacientes (60.8%), Tlaquepaque con ocho pacientes (34.7%) y Tlajomulco de Zúñiga con un paciente (4.5%). El promedio de edad al diagnóstico fue de 7 ± 4 años, la distribución por género fue la siguiente; 13 de los pacientes fueron del sexo femenino (56.5%) mientras que diez (43.4%) fueron del sexo masculino, sin encontrar una diferencia significativa entre ambos sexos. Con respecto a los diagnósticos la distribución fue la siguiente; 20 casos fueron diagnosticados como LLA (87%) mientras que tres fueron catalogados como LMA (13%). De los 23 pacientes diagnosticados con LA en este agrupamiento, seis fallecieron (26%), cinco con diagnóstico de LLA (83%) y el restante 10 (17%) con

**Mapa 3. Agrupaciones de casos de LA en el área metropolitana de Guadalajara. Agrupación 1 (azul), agrupación 2 (rojo) y agrupación 3 (verde).**



diagnóstico de LMA; tres del sexo masculino (50%) y tres del sexo femenino, de los finados, cinco tenían su domicilio en el municipio de Guadalajara (83%) mientras que el restante vivía en Tlaquepaque (17%). Es importante mencionar que, en cuanto a servicios de salud pública en este *cluster,* de los 23 pacientes, 14 (60.9%) recibió atención en la UMAE Hospital de Pediatría, mientras que nueve (39.1%) recibió atención en el Nuevo Hospital Civil de Guadalajara.

*Agrupación 2 (rojo)*

La segunda agrupación estuvo compuesta por 31 pacientes y se encuentra ubicada geográficamente exclusivamente en el municipio de Guadalajara. El promedio de edad al diagnóstico fue de 6.7 ± 3 años, la distribución por género fue la siguiente; 15 de los pacientes fueron del sexo femenino (48%) mientras que 16 (52%) fueron del sexo masculino sin encontrar una diferencia significativa entre ambos sexos. Con respecto a los diagnósticos la distribución fue la siguiente; 20 casos fueron diagnosticados como LLA (65%) mientras que 11 se catalogaron como LMA (35%). De los 31 pacientes diagnosticados con LA en este *cluster,* tres se encuentran finados actualmente (9.6%), dos con diagnóstico de LLA (66.6%) y el restante (33.3%) con diagnóstico de LMA, todos ellos del sexo masculino, y, como se comentó anteriormente, todos tenían su domicilio en el municipio de Guadalajara. Es importante mencionar que, en cuanto a servicios de salud pública en este *cluster,* de los 31 pacientes, 12 (39%) recibieron atención en la UMAE Hospital de Pediatría, mientras que 19 pacientes (61%) la recibieron en el Nuevo Hospital Civil de Guadalajara.

*Agrupación 3 (verde)*

La tercera agrupación estuvo compuesta por 33 pacientes siendo la distribución geográfica como sigue: municipio de Guadalajara 21 pacientes (63.6%), Tonalá con ocho pacientes (24.24%), Tlaquepaque con un paciente (3.03%) y Zapopan con tres pacientes (9.09%). El promedio de edad al diagnóstico fue de 6.8 ± 4 años, la distribución por género fue la siguiente: doce de los pacientes fueron del sexo femenino (36%) mientras que 21 (64%) fueron del sexo masculino. Con respecto a los diagnósticos, la distribución fue la siguiente: 28 casos fueron diagnosticados como LLA (85%) mientras que cinco fueron catalogados como LMA (15%). De los 33 pacientes diagnosticados con LA en este *cluster*, ocho fallecieron (24.24%), tres del sexo masculino (37.5%) y cinco del femenino (62.5%); siete de ellos tenían su

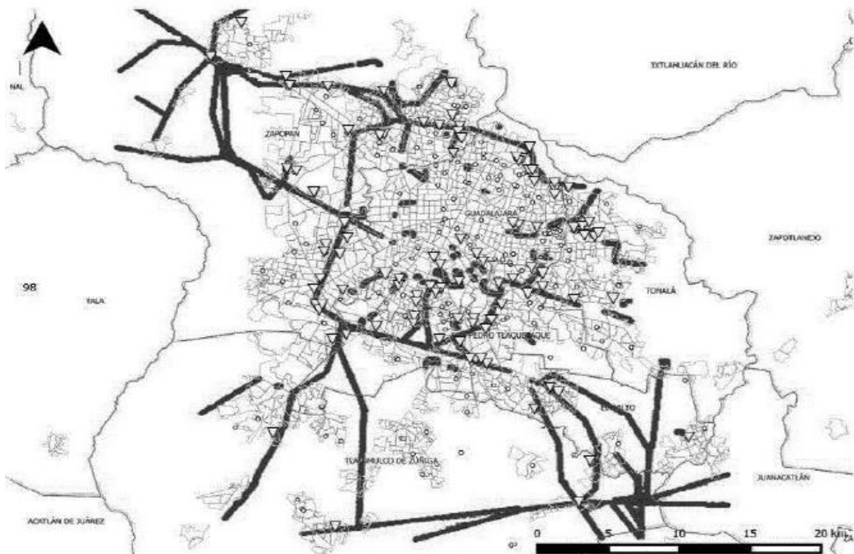
domicilio en el municipio de Guadalajara (87.5%) y uno en Tonalá (12.5%). Siete de los pacientes finados contaban con diagnóstico de LLA (87.5%) y el restante (12.5%) con diagnóstico de LMA. Es importante mencionar que, en cuanto a servicios de salud pública en este *cluster,* de los 33 pacientes, 23 (70%) recibieron atención en la UMAE Hospital de Pediatría, y 10 (30%) en el Nuevo Hospital Civil de Guadalajara.

## *Correlación geográfica con la distribución de la red eléctrica de alto voltaje*

El mapa 4 muestra la distribución de la red de energía eléctrica de alto voltaje y la presencia de casos a lo largo de su trayectoria.

De un total de 269 casos de LA, 94 siguen o empatan la trayectoria de distribución de la red, representando el 36 % de casos reportados, habiendo una correlación geográfica entre las dos distribuciones (Soto-Sumuano, 2015).

**Mapa 4**



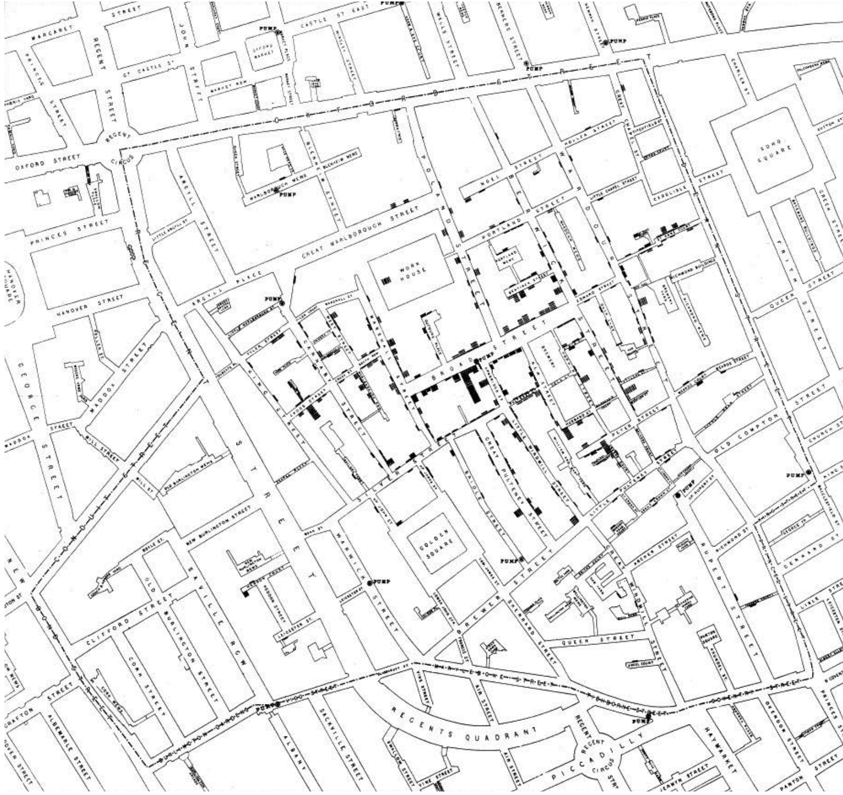
## *Discusión*

En Guadalajara, así como en la ciudad de México, la incidencia de leucemia es más alta que la reportada en otros países. En Canadá, EUA y el Reino Unido la incidencia reportada es de 5.8, 4.6 y 4.0 por 100 mil habitantes. respectivamente, mientras que para el área metropolitana de Guadalajara fue de 6.4/100 mil habitantes. Estos datos son muy similares a los publicados por el IMSS durante los años 1996-2002, determinándose de 5.5 por 100 mil y más recientemente para los años 2006-2007 con 5.7 por 100 mil habitantes. Es de llamar la atención la alta incidencia reportada en niños de la Ciudad de México y Costa Rica, y para niños de origen hispano en Florida y Los Ángeles, en EUA, de leucemia linfoblástica aguda. Este hallazgo resulta interesante porque otras poblaciones de Latinoamérica, como El Salvador, Argentina y Brasil, no reportan una incidencia mayor de LLA que otras poblaciones de origen caucásico. Esta alta incidencia puede deberse entonces a factores genéticos o bien a factores ambientales, que incluyen radiación ionizante, radiación no ionizante, pesticidas, y exposición de los padres.

Históricamente, los mapas han sido el recurso primario para registrar y comunicar la información espacial; el ejemplo más famoso de la utilización de este tipo de información espacial es el mapa de enfermedad realizado por John Snow (Mapa 5) sobre el cólera en 1854 en Londres. Como lo demostró Snow con la realización de agrupaciones de los casos de cólera alrededor de la bomba de la calle Broad, la localización geográfica de los casos de la enfermedad puede ser el primer y principal paso en identificar y eventualmente prevenir la fuente de dicha patología. Los SIG pueden ser utilizados para el manejo de modelos de mapas y mapeo de enfermedades: para desarrollar nuevas hipótesis en un contexto geográfico; analizar y predecir los factores de riesgo de una enfermedad; y para emprender un análisis de la localización/asignación de la distribución de los servicios y fuentes de los mismos (Jarup, 2004; Lyseen, 2014).

El mapeo de enfermedad puede incluir imágenes de la distribución de una enfermedad en las variantes de incidencia o prevalencia. El mapeo de los casos de una enfermedad puede dar lugar a descubrir ciertos patrones; que van desde la presencia de *cluster* hasta distribución uniforme, o una distribución aleatorizada (Fradelos, 2014). Específicamente el análisis de los casos de la patología y sus patrones de distribución son utilizados en estudios de LA con diferentes propósitos; distribución espacial y análisis de la incidencia y prevalencia para diferentes agrupaciones étnicas de población, mapeo y análisis de puntos calientes de casos de enfermedad, o análisis de *cluster*.

**Mapa 5. Mapa histórico realizado por John Snow sobre el cólera en 1854**




El termino *cluster* de cáncer usualmente implica mayor número de casos, usualmente del mismo tipo, identificados en un grupo de la población, área geográfica y periodo de tiempo determinado, mayor a lo esperado o reportado, basándose en el tamaño y la edad de la población. El análisis espacial de *cluster* son basados en la primera ley de Tobler de geografía, la cual establece que los eventos que se presentan de manera cercana a otra tienden a ser más similares que las que se presentan más separado. La ley de Tobler ha sido la base para el análisis de la distribución de la enfermedad, así como para el análisis de casos y como tienden a agruparse de acuerdo a su proximidad, así como la tendencia de las personas que viven cerca de estar expuestas a los mismos factores de riesgo que propician una enfermedad; por lo tanto, el análisis de los patrones de la enfermedad y el riesgo de agrupamiento en *cluster* pueden ayudar a determinar la causalidad de un brote de enfermedad. Algunos de los factores de exposición ambiental que han sido aparentemente ligados

a la etiología de LA muestran variación geográfica. Estos incluyen radiación ionizante, campos electromagnéticos, exposición a químicos, beber agua contaminada e infecciones.

Si alguna de estas exposiciones juega un rol en la etiología de LA, entonces la distribución de casos de LA debería mostrar una distribución espacial heterogénea. Esto aún permanece como punto de debate; pues mientras estudios en Gran Bretaña, Grecia, Hong Kong y Europa han encontrado agrupaciones estadísticamente significativas en otros casos de LA en la infancia, mientras que estudios realizados en Inglaterra, Suecia, Alemania, y Francia no han encontrado evidencia de agrupaciones espaciales de LA de la infancia. En este estudio encontramos tres clusters o agrupaciones de LA en el área metropolitana de Guadalajara en un periodo de cuatro años. Una variedad de métodos estadísticos ha sido desarrollada para evaluar la distribución espacial-agrupamiento: Alexander y Boyle evaluaron de manera empírica una gran cantidad de métodos para detectar agrupaciones espaciales, incluyendo aquellos desarrollados por Black y cols., Potthoff y Whittinghill, Cuzick y Edwards, Openshaw, Besag y Newell, Diggle y Chetwynd, Anderson y Titterington, y Oliver y cols.

En este estudio se eligió la metodología del algoritmo DBSCAN, ya que éste puede identificar agrupaciones de manera arbitraria basado en la densidad por número de puntos mínimos y la distancia máxima entre puntos vecinos, adicionalmente realiza el proceso durante un periodo de tiempo razonablemente corto.

Además, la trayectoria en la distribución de casos de leucemia muestra un patrón que sigue a la trayectoria en la distribución de energía eléctrica de alto voltaje en el área metropolitana de Guadalajara (Soto-Sumuano, 2015).

## *Fortalezas y debilidades del estudio*

Es importante hacer notar que los clusters encontrados en la distribución geográfica de los casos de LA pueden ser producto de una distribución aleatoria o pueden ser explicados por factores del estilo de vida, características del área residencial o algún otro factor ambiental heterogéneo no medido o identificado. Sin embargo, la aplicación de análisis por *cluster* ha detectado la ocurrencia global de agregaciones localizadas de casos. Este estudio concierne a la localización de clusters, lo cual consiste en la detección de una distribución anormal de casos en un área geográfica que no se delimita a un área pequeña en particular. Este tipo de clusters pueden aparecer cuando hay áreas pequeñas con una incrementada incidencia de casos o

un gran número de áreas con moderado incremento en la incidencia de casos, o si la exposición a un agente etiológico ambiental está ligado a la enfermedad en áreas pequeñas de alto riesgo, pero ausente en áreas de bajo riesgo.

La presencia de agrupaciones tiende a ocurrir ante la presencia de una exposición ambiental, la cual persiste por un periodo largo de tiempo. Este trabajo describe por primera vez el análisis para detectar agrupaciones de leucemia aguda en la infancia en México, en especial en el área metropolitana de Guadalajara.

## *Conclusiones*

La incidencia de LA en la población infantil del área metropolitana de Guadalajara fue de 6.44 casos/100 mil habitantes, la cual se encuentra por arriba de la cifra informada en países como Canadá, EUA y Reino Unido. Se detectó una distribución heterogénea de casos de leucemia aguda en la población estudiada, lo cual puede sugerir la presencia o existencia de algún factor de riesgo de exposición ambiental, ya que de acuerdo a la fisiopatología de la enfermedad, la distribución de ésta debería ser de un carácter o con tendencia a ser homogénea. Se identificó la presencia de tres agrupaciones de población pediátrica con diagnóstico de leucemia aguda, esto viene a reforzar la teoría de la potencial existencia de un factor de riesgo de exposición ambiental que puede contribuir como desencadenante de la enfermedad, sin embargo, se necesitan estudios adicionales con diseño adecuado para determinar posibles factores de riesgo ambientales. Finalmente, aunque los resultados muestran un porcentaje importante de casos en los que la radiación es mayor a 0.4 µT (4 mG o 320 mA/m), se requieren estudios posteriores a nivel de *cluster* y estudios sobre los hábitos y costumbres de las familias respecto al uso de los equipos inalámbricos en alta y baja frecuencia en su entorno diario.

### *Bibliografía*

Adelman, M. C. (2005). Urbanization and Incidence of acute lymphocytic leukaemia among United States Children aged 0-4. Br. *Journal of Cancer*, 92:2084-2088.

Cole, C. (2015). Lessons from 50 Years of curing childhood leukaemia. *Journal Pediatric Child Health*, 78-81.

Dockerty S. K. (1999). An assesment of spatial clustering of leukaemias and lymphomas among young people in New Zeland. *Journal Epidemiology Community Health*, 53: 154-158.

Fajardo-Gutierrez, B.R. M.-A.-S.-S. (2011). Childhood acute leukemias are frequent in Mexico City, descriptive epidemiology. *BMC Cancer*, 11: 355-342.

Fradelos, P. M. (2014). Health based geographical information systems (GIS) and their applications. *Acta Informática Médica*, 402-405.

INEGI (2010). *Conteo de Población y Vivienda 2010*. Aguascalientes: http://inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras.

Jarup (2004). Health and Enviroment Information Systems for exposure and disease mapping and risk assement. *Environmental Health Perspectives*, 112: 995-997.

Lyseen, N. C. (2014). A review and framework for categorizing current research and development in health related geographical information system studies. *Yearbook of Medical Informatics*, 110-124.

M., G. (2005). Infection immune responses and the etiology of childhood leukemia. *Nat Rev Cancer*, 92 2084-2088.

Martin, P. K. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 226-231). Washington: AAAAl Press.

Salud, S. d. (2014). *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*. México: http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.htlm.

Shah, C. M. (2007). Increasing Incidence of childhood leukaemia a controversy re-examined. *Br. Journal Cancer*, 97:1009-1012.

Soto-Sumuano, L. (2015). Geographical Distribution of Childhood Acute Leukaemia in the Metropolitan Area of Guadalajara, Mexico and Its correlation with the wireless and high voltage network. *PIERS* (pp. 1245-1249). Praga: PIERS Proceedings.

Ward, D. S. (2014). Childhood and adolescent cancer statistics. *CA Journal Clin*, 64:83-103.